



## (1) 測定データ、検出器、実験施設関連

日本原子力研究開発機構 中村 詔司

[nakamura.shoji@jaea.go.jp](mailto:nakamura.shoji@jaea.go.jp)

木村 敦

[kimura.atsushi04@jaea.go.jp](mailto:kimura.atsushi04@jaea.go.jp)

京都大学原子炉実験所 堀 順一

[horii@rri.kyoto-u.ac.jp](mailto:horii@rri.kyoto-u.ac.jp)

東京工業大学原子炉工学研究所 片瀨 竜也

[katabuchi.t.aa@m.titech.ac.jp](mailto:katabuchi.t.aa@m.titech.ac.jp)

ND2013 会議において、核データ測定実験、報告データ、検出器装置、実験施設などの情報を纏めたので、報告する。

先ず、本会議での核データ測定に係る規模は、口頭発表数 352 件のうち、断面積測定は 72 件、施設・実験手法は 24 件あり、併せて、全体の約 1/3 をも占める程であった。この分野について日本の貢献度は、発表 15 件であった。

●日本側からの発表の概要として、東工大 井頭政之先生が、“A Nuclear Data Project on Neutron Capture Cross Sections of Long-Lived Fission Products and Minor Actinides”と題して、東工大、京大原子炉そして J-PARC/MLF/ANNRI にて実施している中性子捕獲断面積測定研究の状況を総括して、発表された。発表は最終日の朝一番であり、本来なら、この後に、測定実験について個々の発表が続くように事務局がセッションを編成していただけたらと感じた。JAEA の廣瀬健太郎氏は、J-PARC/MLF/ANNRI の NaI 検出器を用いた Np-237 のエネルギー依存中性子捕獲断面積測定を発表された。メイン会場にて、よく整理された内容であり、プレゼンテーションも模範となるような出来栄であった。発表後も座長との議論を続けるなど、関心を集めたようである。東工大の片瀨竜也先生は、新しい信号処理手法によりデータ収集系の高速化を図り、Tc-99 の中性子捕獲断面積測定へ適用して得られた結果を発表された。更に、井頭研 大学院生の寺田和司氏は、メイン会場にて、Pd-104,105,108,110 について、keV 中性子捕獲断面積を系統的に測定した結果

を発表された。具体的に、Pd-104 を例に挙げて解析を丁寧に説明されて、時間内に纏め上げられた発表であった。京大炉の八島浩先生は、KURR-LINAC で実施した Se 同位体の系統的な中性子捕獲断面積測定を発表された。特に、Se-74 において、6eV と 123eV に未報告の共鳴の存在を指摘された。また、堀順一先生は、ANNRI の Ge 検出器を用いた Se-74 及び Se-77 測定で得られた共鳴でゲートをかけて得られたパルス波高スペクトル情報を報告された。北大 木野幸一先生は、ANNRI の Ge 検出器を用いた実験で、Tc-99 の中性子共鳴による捕獲ガンマ線の測定について発表された。ANNRI の Ge 検出器を用いた JAEA による一連の研究として、原田秀郎氏が、Am-241 の中性子捕獲断面積測定について発表された。特に、本装置は、g-factor を測定するのに有効であることを報告された。また、木村敦氏は、Sn 同位体についての系統的な測定から Sn-118 の中性子捕獲断面積について、発表を行った。Sn-118 に報告されている共鳴の幾つかが、実際は存在しなく、更に未報告の共鳴が存在することが報告された。安定同位体核種について、系統的な測定の必要性が感じられた。中村(筆者の一人)は、長寿命放射性核分裂核種 Pd-107 及び安定 Pd-105,108 の測定について、発表を行った。Pd-107 について、報告されている共鳴が、実は不純物に起因することを報告した。また、Pd-108 の第一共鳴が、報告の共鳴幅より、ずっと小さいことを報告した。

● G. Savard 氏が、“a new facility for the production and study of neutron-rich isotopes”という題名で発表を行った。ユーザーに対して、中性子過剰放射性ビームを供給することを目的として、Californium Rare Ion Breeder Upgrade (CARIBU) について述べられた。

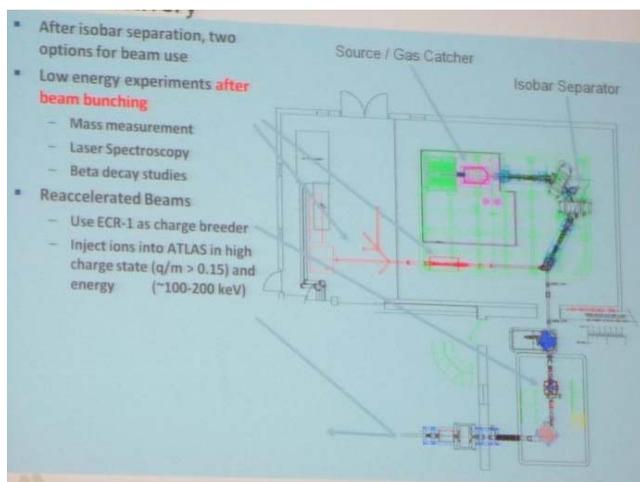


図1 ビーム輸送系のレイアウト。

(G. Savard 氏の発表より抜粋)

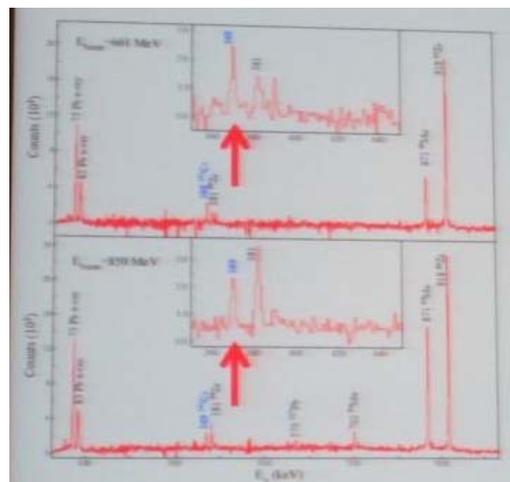


図2 CARIBU を用いた  $^{141}\text{Cs}$  のクーロン励

起実験。(G. Savard 氏の発表より抜粋)

ビームは、ATLAS により、15 MeV/u まで再加速され、単一粒子構造やガンマ線スペクトロスコーピーでの研究に利用するようである。イオン源は、 $^{252}\text{Cf}$  であり、核分裂生成物を熱化し、迅速にすべての核種を引出して、低エミッタンスビームを形成させる。Isobar

separator により、ビームを精製して、ATLAS への前加速を行うなど、ビーム源のレイアウトが示された (図 1 参照)。また、この CALIBU を用いた  $^{141}\text{Cs}$  のクーロン励起測定の結果が報告された (図 2 参照)。更に、現在進行中と計画されている ATLAS の Upgrade について報告があった (図 3 参照)。新しい実験ホールや加速器の輸送系の整備を進めているようである。

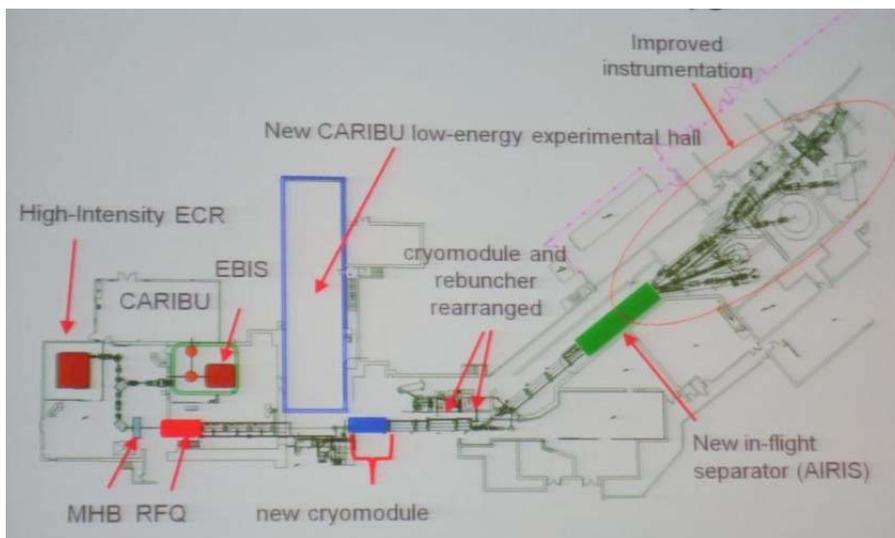


図 3 ATLAS layout with on-going and planned upgrades.  
(G. Savard 氏の発表より抜粋)

● R. Haight 氏は、LANSCE における新しい施設について、発表された。 $^{239}\text{Pu}$  の中性子誘起核分裂に対する PFNS の分布形状を測定することを目標にしている、とのことである。図 4 に示したように、エネルギー 1 MeV 以下、および 5 MeV 以上の領域で、データの食い違いが大きいことが分かる。測定精度として、0.1~1 MeV の領域で 5%、1~5 MeV で 3%、5~9 MeV で 5% の精度 (統計+系統誤差) で測定することを目標としている。

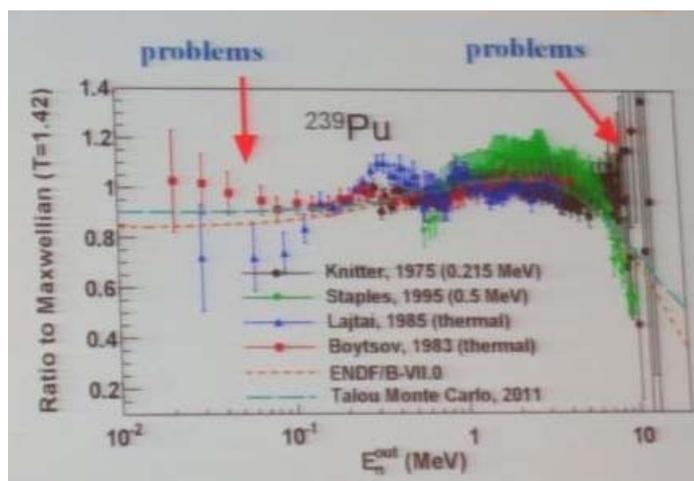


図 4  $^{239}\text{Pu}(n,f)$  PFNS の報告データ。(R. Haight 氏の発表より抜粋)  
参考文献 : P. Talou *et al.*, Physical Review C **83**, 064612 (2011).

PFNS 測定のために新しい施設を、LANSCE に建設した (図 5 参照)。約 100mg の  $^{239}\text{Pu}$  試料を準備し、Parallel-Plate Avalanche Counter (PPAC)、中性子検出器 (54 Liq. Scintillators や  $^{20}\text{Li}$ -glass scintillators) の整備や、ORNL から  $^{252}\text{Cf}$  fission chamber を持ち込んで測定試験などを進めているとのことである。

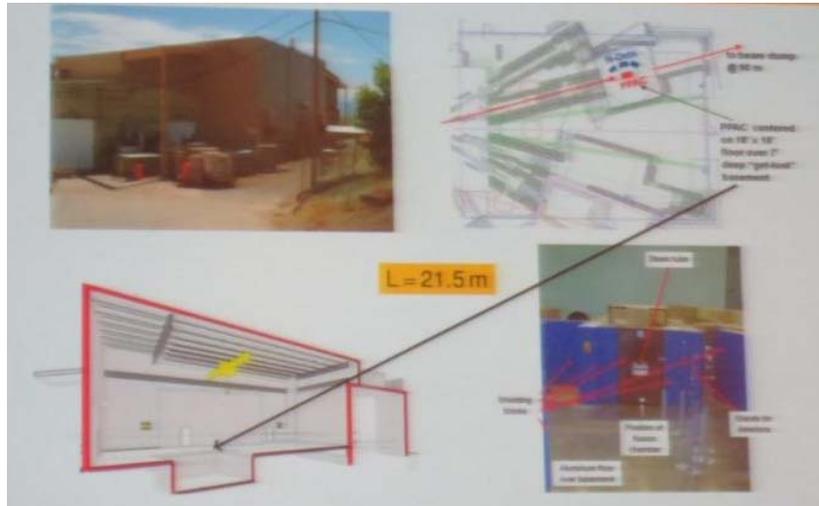


図 5 A new facility at LANSCE for measuring PFNS.

(R. Haight 氏の発表より抜粋)

最後に、図 6 のように LANSCE で現在進められている実験について追加して述べられた。

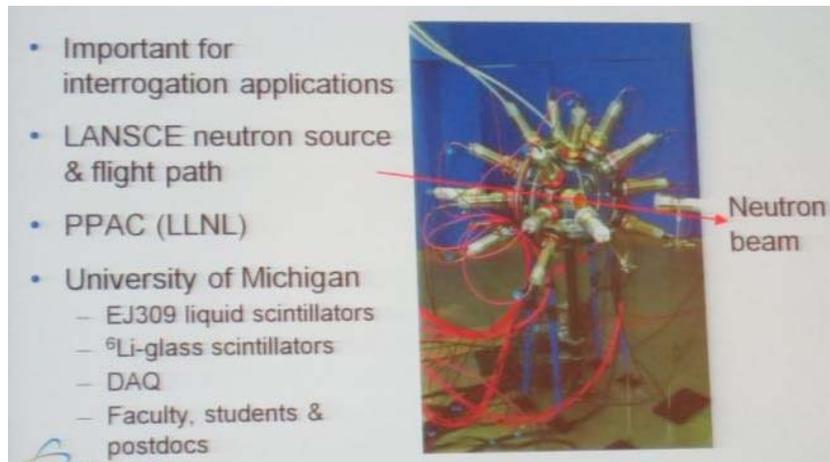


図 6 Another on-going experiment at LANSCE: Energy-Angle correlations of fission neutrons (R. Haight 氏の発表より抜粋)

● IRMM の P. Schillebeeckx 氏は、“Evaluation of neutron cross section data at GELINA”と題して、GELINA で実施してきている共鳴領域の核データ測定および解析の Activities について発表された。現在、核種として **Cd**、**W**、**Au** そして **Am** について、ENDF-6 書式でデータファイルを作成したとのことである。発表の中で、特に  $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$  反応断面積を例に挙げて、その結果が示された (図 7 と図 8 参照)。

$^{241}\text{Am}$  の熱中性子捕獲断面積の結果として、 $749 \pm 35 \text{ b}$ 、Westcott の g-factor  $g=1.00$  を報告していた。現在、JENDL-4.0 の評価値より 9%ほど大きな値となっている。今後、積分テストとの整合性も含めた議論が必要と思われる。

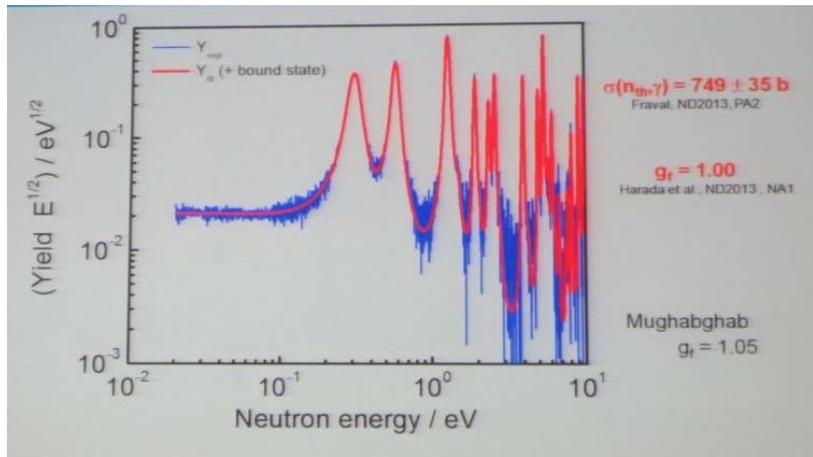


図 7  $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ : 実験結果と REFIT による Fitting 結果。  
(P. Schillebeeckx 氏の発表より抜粋)

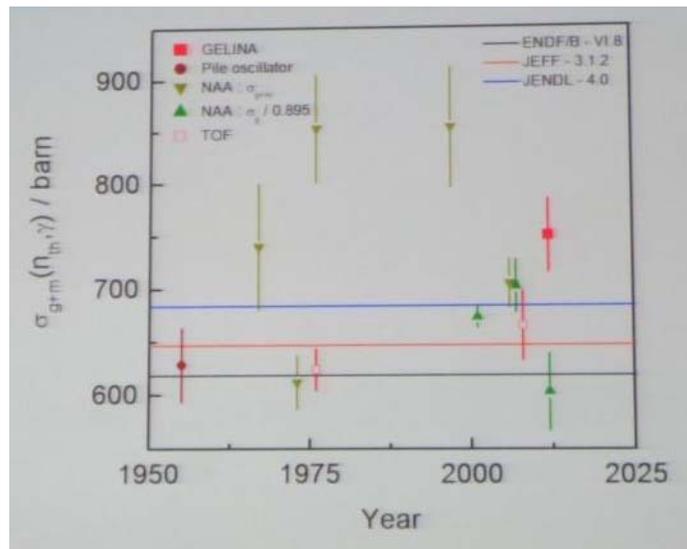


図 8 評価データとの比較。(P. Schillebeeckx 氏の発表より抜粋)

● ORNL の L. Leal 氏は、“<sup>239</sup>Pu Resonance Evaluation for Thermal Benchmark System Calculations” と題して、SAMMY コードを用いて <sup>239</sup>Pu の共鳴パラメータを Reich-Moore 公式にて再解析し、**図 9** に示す結果を報告された。

Quantity	ANR	ENDF/B-VII.1 (JEFF3.1)	JEFF3.1.1	NEW (ORNL/CEA)
$\sigma_r$	269.3 ± 2.9	270.64	272.72	270.06
$\sigma_f$	748.1 ± 2.0	747.65	747.08	747.19
$g_f$	1.0553 ± 0.0013	1.0544	1.0495	1.0516
$g_0$	1.0770 ± 0.0030	1.0784	1.0750	1.0771
$\bar{v}$	2.879 ± 0.006	2.873	2.873	2.873
$l_f$	180 ± 20	181.44	181.50	180.09
$l_j$	303 ± 10	302.60	303.58	309.09
$K1$	1177.25	1166.62	1156.35	1161.30

ANR: Atlas of Neutron Resonance

NDF 書式における共鳴パラメータは、以下のアドレスから利用できる。

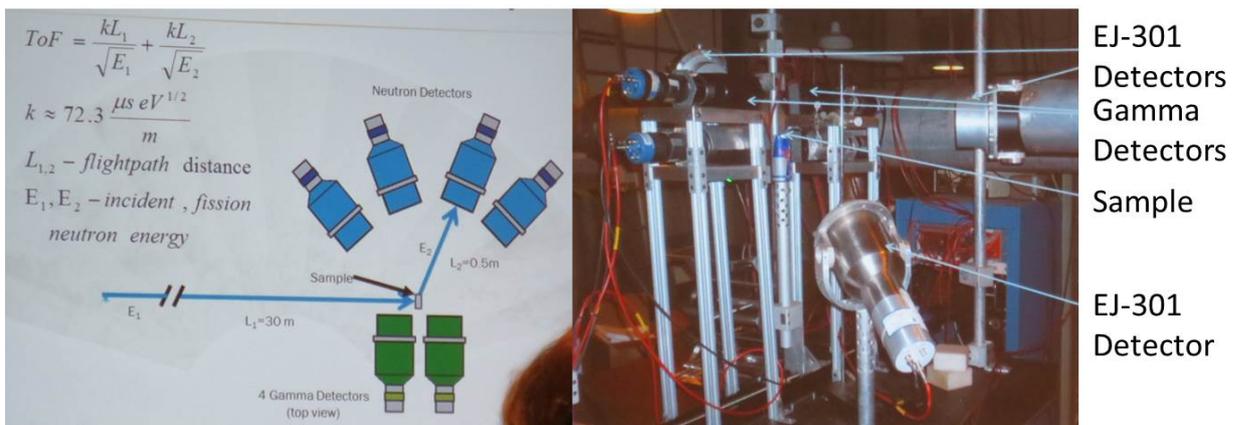
**図 9** Thermal values and integral quantities calculated with SAMMY. (L. Leal 氏の発表より抜粋)

Working Party on International Nuclear Data Evaluation Co-operation (WPEC) Subgroup34  
“Coordinated evaluation of <sup>239</sup>Pu in the resonance region”

<http://www.oecd-nea.org/science/wpec/sg34/>

また、WPEC/SG34 は、2013 年末までに、新しい <sup>239</sup>Pu 断面積ライブラリーをリリースする予定とのことである。

● E. Blain 氏は、“Measurement of Fission Neutron Spectrum and Multiplicity using a Double Time-of-Flight Setup” と題して、PFNS の実験装置とともに、得られた測定結果を発表した。**図 10** に Double Time-of-Flight と実験 Setup を示す。



**図 10** Double Time-of-Flight Setup (左図) と実験セットアップ (右写真)。(E. Blain 氏の発表より抜粋)

使用した Digital Data Acquisition の概要を以下の項目に纏める。

- PCI Chasis Extention
  - 4 Acqiris AP240 DAQ boards (2 channels per board)
- Computer controlled power supply
  - Chassis-SY3527
  - Board-A1733N
- 1 G Sample/sec acquisition rate giving 1ns timing resolution
- 125k events/sec acquisition rate

Gamma Tagging Method で、 $^{252}\text{Cf}$  の PFNS を、数十 keV～7 MeV の領域で、正確に導出できることを示した (図 11)。高エネルギー領域のスペクトル (左図) は、EJ-301 液体シンチレータで測定を行い、エネルギー領域 0.6 MeV～7 MeV で、ENDF/B-VII と良く一致していることが分かる。また、低エネルギー領域のスペクトル (右図) は、0.5" EJ-204 プラスチックシンチレータで測定を行い、Lajtai の data 及び ENDF 評価と良く一致している。このように、薄いプラスチック検出器を用いることで、PFNS を 50 keV までの低エネルギー領域まで測定できることを述べられた。

今後の予定として、 $^{238}\text{U}$  に対して fission spectrum を測定するとのことである。

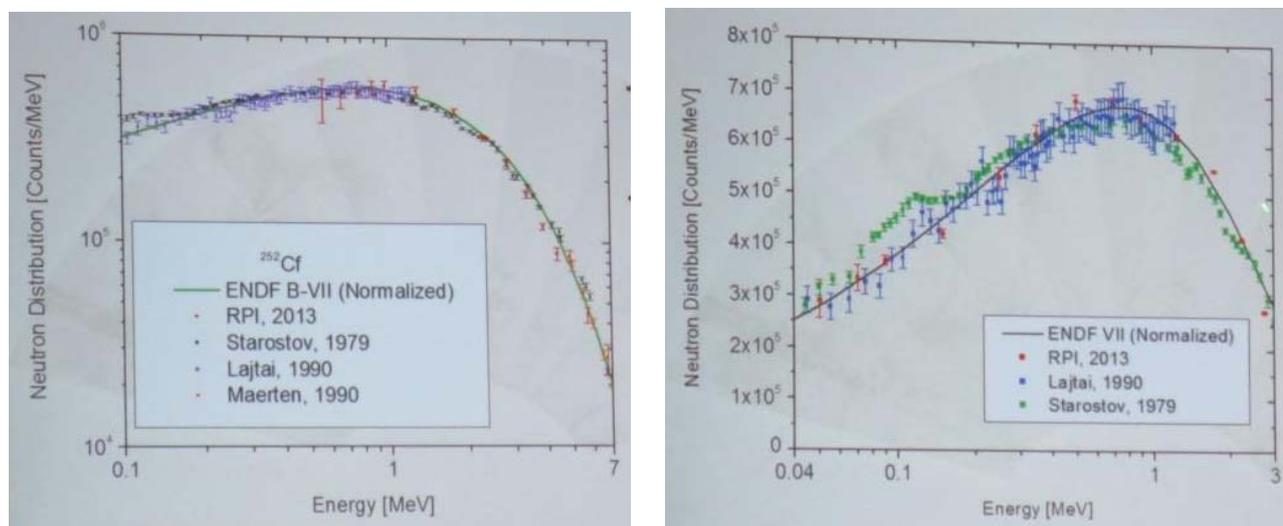


図 11  $^{252}\text{Cf}$  Prompt Fission Neutron Spectrum: High Energy (左図)、Low Energy (右図)

(E. Blain 氏の発表より抜粋)

● E. Chiaveri 氏は、“The CERN n\_TOF facility: neutron beam performances for cross section measurements”と題し、施設の概要を発表された。n\_TOF 施設は、着実に改良が加え続け

られてきており、下記の進捗を挙げられた。

**1. New lead spallation target [2008/9] (図 12 参照)**

Extended operation of n\_TOF

**2. Improved cooling and ventilation system [2009]**

Optimization of heat dissipation and water chemistry

**3. Separated moderator system:  $^{10}\text{B}$  water as moderator [2010] (図 13 参照)**

Reduction of the in-beam  $\gamma$ -rays by factor of 10x

**4. Transformation of the EAR I in a type-A laboratory [2010]**

No need for certified sealing for radioactive samples

**5. Extended memory of flash-ADC digitizers [2011]**

n,  $\gamma$  measurements with  $\text{C}_6\text{D}_6$  down to thermal energies (25.3 meV)

**6. Experimental Area 2 Project [2012-2014] (図 14 参照)**

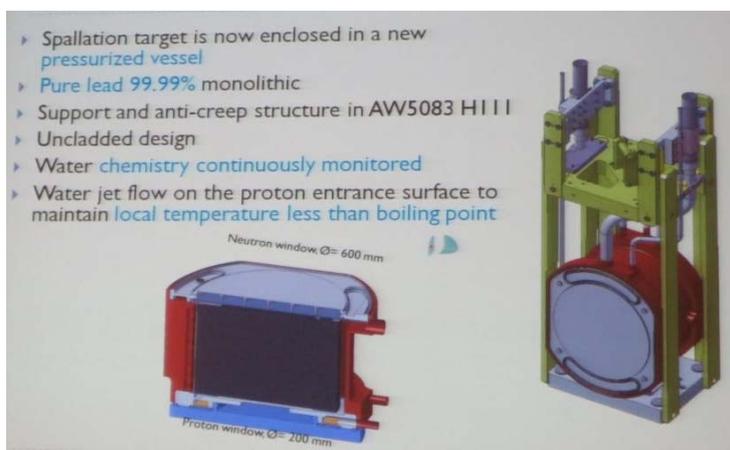


図 12 n\_TOF new spallation target. (E. Chiaveri 氏の発表より抜粋)

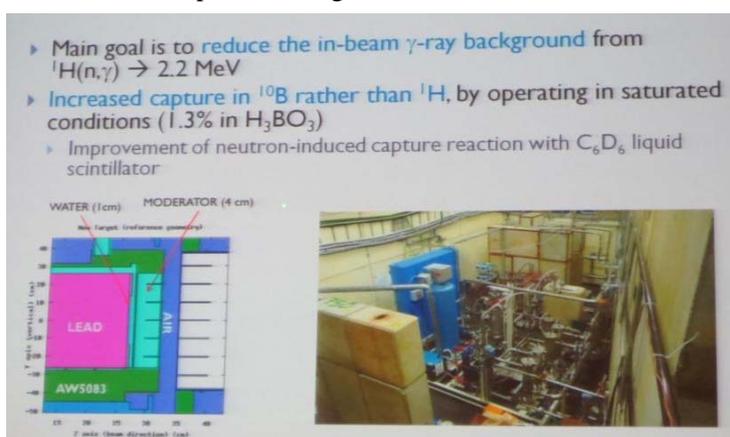


図 13 Borated water system moderator. (E. Chiaveri 氏の発表より抜粋)

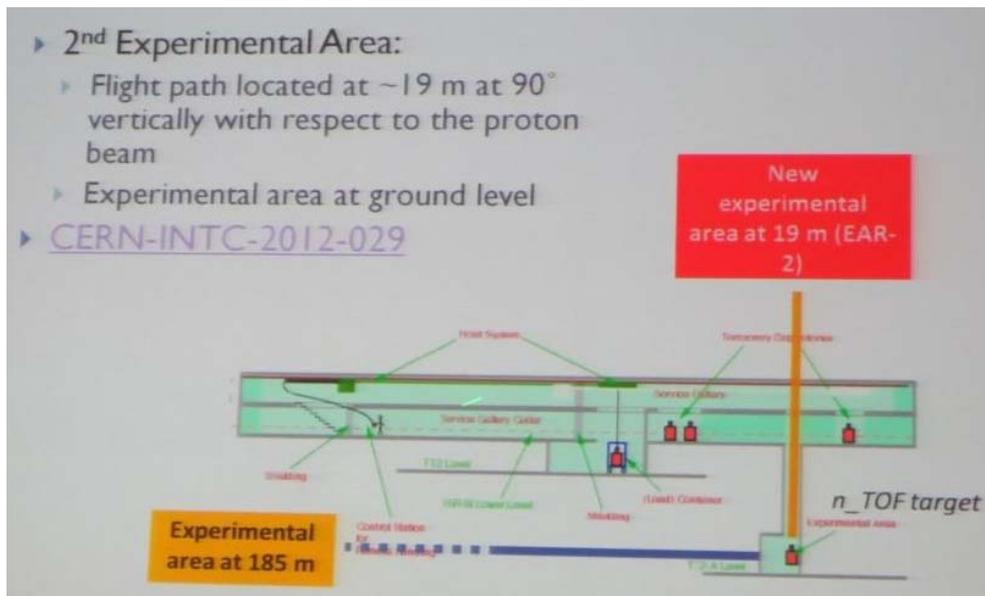


図 14 n\_TOF Experimental Area 2 Project. (E. Chiaveri 氏の発表より抜粋)

Experimental Area 2 (EAR-2)の主な利点を、次のように挙げられた。

- Neutron fluence is on **average increased by a factor of 25**
- Very **small mass samples** (<1mg) could be measured
- Very **small cross-section**
- Much shorter time scale measurement
- Running in parallel with Experimental Area I

この EAR-2 施設で可能な測定として、以下の例を挙げられた。

- Capture  $C_6D_6$ (TAC) + Fission tagging  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{245}\text{Cm}$
- Fission PPAC  $^{232}\text{U}$ ,  $^{231}\text{Pa}$
- Capture (and fission) cross-sections of the fissile  $^{245}\text{Cm}$
- Cross-section and angular distribution of fragments from  $^{232}\text{U}(n,f)$

また、EAR-2 で、図 15 に示すように Target から 1.5m 離れた位置まで“basket”を降ろすことにより、中性子照射 ( $10^{10}$  neutron/pulse) が可能になるようである。EAR-2 のレイアウトを図 16 に示す。

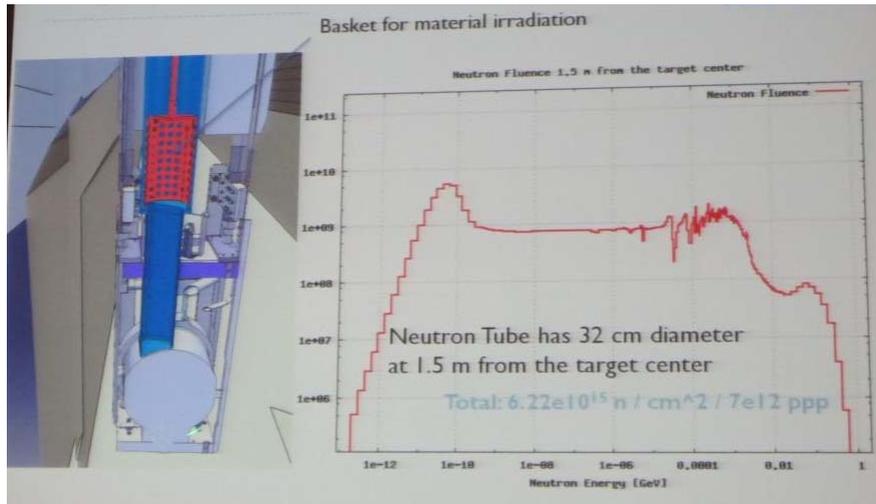


図 15 EAR-2 for Neutron Irradiation. (E. Chiaveri 氏の発表より抜粋)

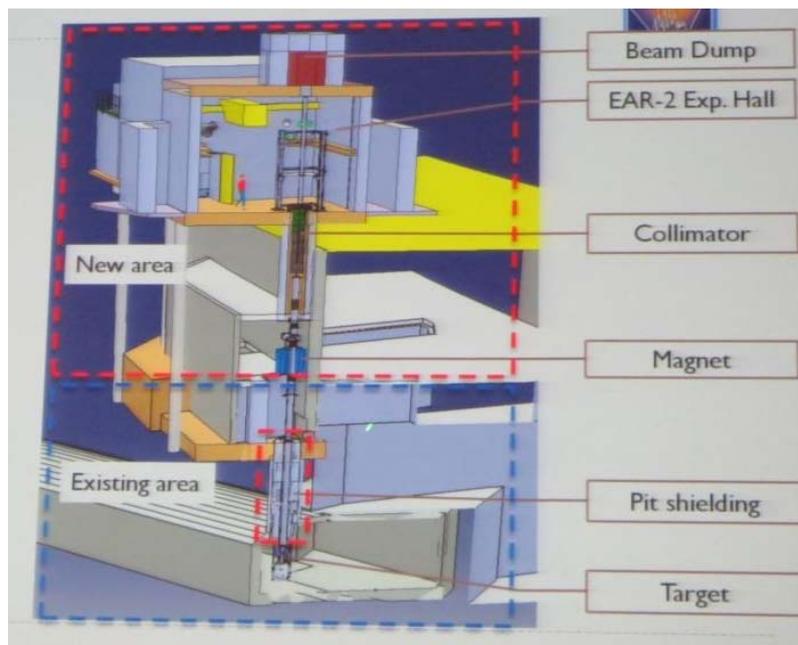


図 16 Layout of EAR-2. (E. Chiaveri 氏の発表より抜粋)

E. Chiaveri 氏の施設の概要説明に続いて、n\_TOF での測定が下記のように 6 件報告され、2 時間あまりのセッションが行われた。

- D. Cano Ott 氏：“Measurement of the Neutron Capture Cross Section of the Fissile Isotope  $^{235}\text{U}$  with the CERN n\_TOF Total Absorption Calorimeter and a Fission Tagging Based on Micromegas Detectors”

- F. Mingrone 氏 : “Measurement of the  $^{238}\text{U}$  Radiative Capture Cross Section with  $\text{C}_6\text{D}_6$  at the n\_TOF CERN Facility”
- A. Tsinganis 氏 : “Measurement of the  $^{240, 242}\text{Pu}(\text{n},\text{f})$  Cross Section at the CERN n\_TOF Facility
- F. Belloni 氏 : “A Micromegas Detector for Neutron Beam Imaging at the n\_TOF Facility at CERN”
- E. Mendoza Cembranos 氏 : “Measurement of the  $^{241}\text{Am}$  and the  $^{243}\text{Am}$  Neutron Capture Cross Sections at the n\_TOF Facility at CERN”
- D. Tarrío 氏 : “Fission Fragment Angular Distribution for  $^{232}\text{Th}(\text{n},\text{f})$  at the CERN n\_TOF Facility”

これらの発表のうち、E. Mendoza Cembranos 氏が発表された  $^{241}\text{Am}$  中性子捕獲断面積測定について記しておきたい。 $^{241}\text{Am}$  試料  $32.23 \pm 0.19\text{mg}$ 、直径  $12.25\text{mm}$  を Al カプセルに封入したものを使用していた。分離共鳴領域の測定結果を図 17 に示す。

今まで  $250\text{ eV}$  までのエネルギー範囲で  $218 \sim 238$  個の共鳴が、n\_TOF では  $248$  個確認されたとのこと。また、分離共鳴領域が  $250\text{ eV}$  まで限界であったのが、 $400\text{ eV}$  までエネルギー領域を拡大することができ、それにより  $250\text{ eV} \sim 400\text{ eV}$  の範囲で **105 個の新しい共鳴**を見出したとの報告があった。解析を現在進めている途中とのことである。

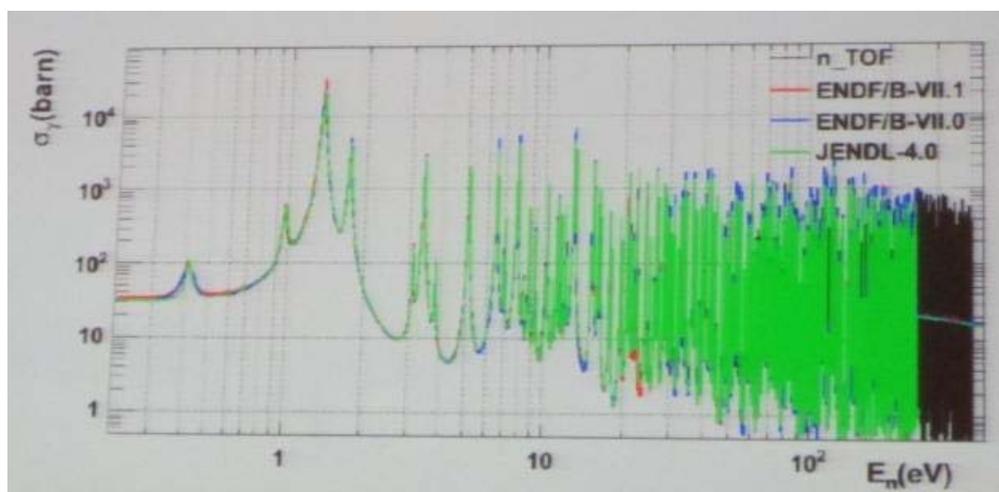


図 17 分離共鳴領域における  $^{241}\text{Am}$  中性子捕獲断面積の結果。

(E. Mendoza Cembranos 氏の発表より抜粋)

- D. Williams 氏 : “A New Measurement of the Neutron Capture Cross Section of  $^{235}\text{U}$  Below  $5\text{ keV}$ ”と題して発表があった。 $\text{keV}$  領域にける  $^{235}\text{U}$  の中性子捕獲断面積データは、原子炉

の特性に影響を与える。しかしながら、JENDL-4.0 と ENDF/B-VII.1 のデータファイル間で、0.5～2.5 keV の領域で 30% に及ぶ食い違いがあるとのこと。

○Rensselaer Gaerttner LINAC Center について

- Started operation in 1961
- LINAC 60-MeV electrons
- Pulsed width from 5 ns to 5  $\mu$ s
- Neutron production by ( $\gamma$ ,n) reaction in Ta  $\sim 4 \times 10^{13}$  neutrons/sec (isotropic)
- TOF method
- Flight path lengths ranging from 15m to 250m
- Capture detector deployed at 25m experimental station

○RPI TOF Capabilities について

- High energy (0.4～20MeV)
  - Scattering (30m flight path)
  - Transmission (250m flight path)
- Resonance Region
  - Capture (0.01eV～10keV)
  - Transmission (0.001eV～50keV)
  - Capture to fission ratio (alpha)
- High accuracy Filtered (2～905keV)
  - Iron、Uranium
- Prompt Fission Neutron Measurements
- Lead Slowing Down Spectrometer (LSDS)

○Experimental Conditions について

Experiment	Target	Pulse Width ( $\mu$ s)	Overlap Filter	Neutron Energy(eV)	Pulse Rate (pulses/sec)
Thermal	Enhanced Thermal Target	0.5	None	0.01<En<40	25
Ep-thermal	Bare Bounce	0.015	Boron Carbide	10<En<10000	225

Thermal Experiment. について、報告された結果を、 18 に示す。

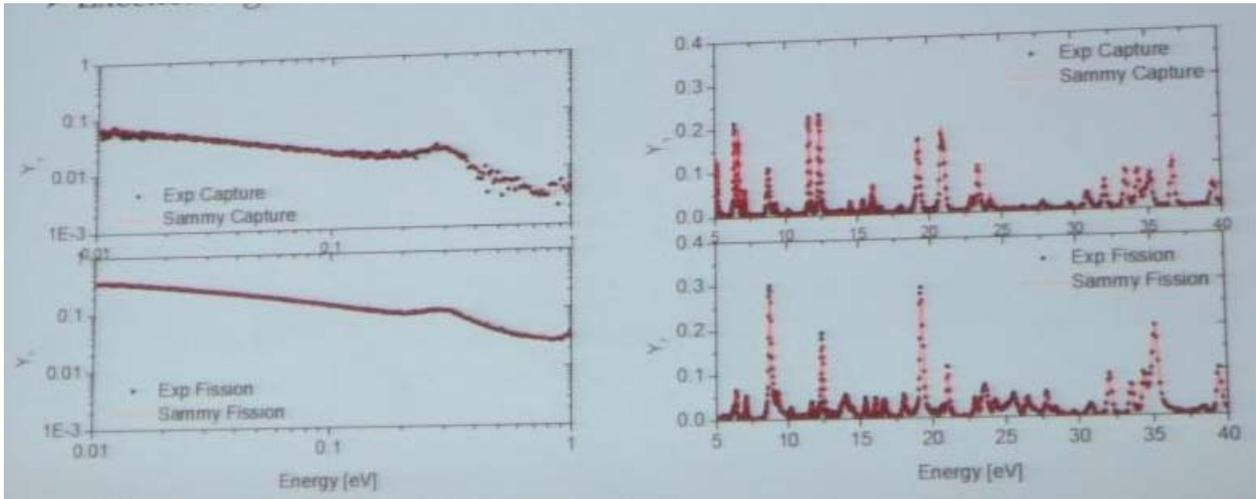


図 18 Thermal measurement of  $^{235}\text{U}$  neutron cross sections.

(D. Williams 氏の発表より抜粋)

● J.L. Ullmann 氏 (Mosby 氏代理で発表?) : “Neutron Capture Cross Sections and Gamma Emission Spectra from Neutron Capture on  $^{234}, ^{236}, ^{238}\text{U}$  measured with DANCE” と題して発表があった。測定は、DANCE (Detector for Advanced Neutron Capture Experiments) を用いて行われた。 $^{238}\text{U}(n,\gamma)$  反応断面積について、報告結果を図 19 に示してある。

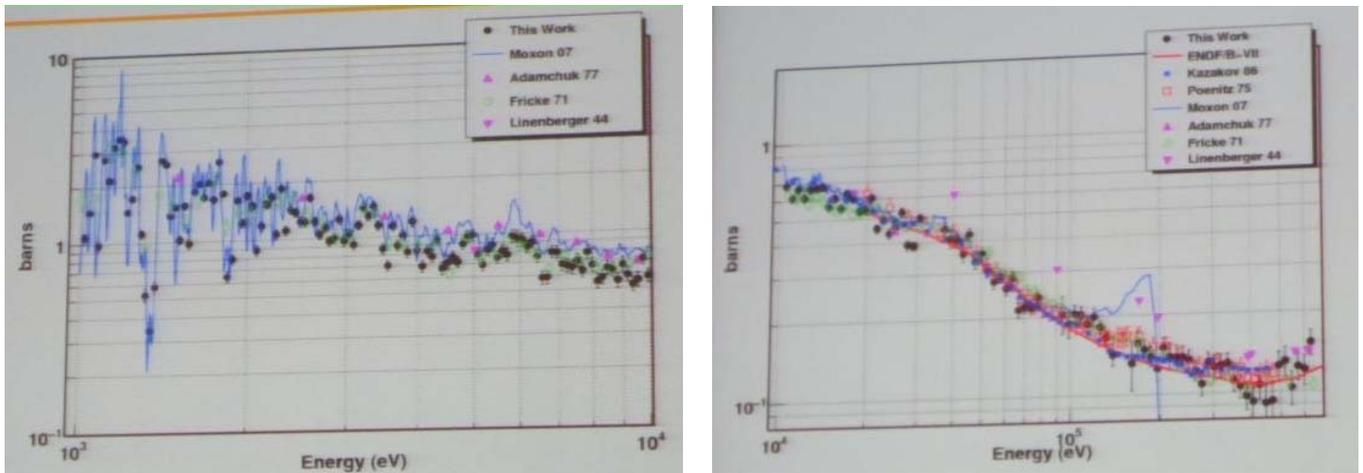


図 19  $^{238}\text{U}(n,\gamma)$  neutron capture cross section from 1 keV~10 keV (左図) ,

10 keV~600 keV (右図) . (J.L. Ullmann 氏の発表より抜粋)

● K.H. Gauber 氏 : “Neutron Induced Cross Section Measurements of Calcium” と題して、発表があった。GELINA Time-of Flight Facility (図 20 参照) にて、Ca の全断面積、及び中性子捕獲反応断面積の測定実験が行われた。

- Pulsed white neutron source  
( $10\text{meV} < E_n < 20\text{MeV}$ )
  - Pulse width : 1nsec
  - Frequency : 40Hz – 800Hz
  - Average Current :  $4.7\mu\text{A} - 75\mu\text{A}$
  - Neutron intensity :  $1.6 \times 10^{12} - 2.5 \times 10^{13}$  n/s
- Transmission measurements
  - Low energy:  ${}^6\text{Li}(n,t)\alpha$  Li-glass
  - High energy:  $\text{H}(n,n)\text{H}$  Plastic scintillator
- Capture Cross-Section measurements
  - $\text{C}_6\text{D}_6$  Liq. Scintillators
  - Flux measure.  ${}^{10}\text{B}(n,\alpha)$ ,  ${}^{235}\text{U}(n,f)$

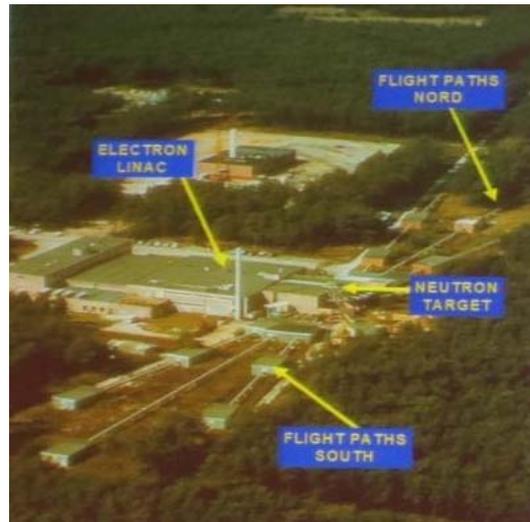


図 20 GELINA Time-of-Flight Facility.

(K.H. Gauber 氏の発表より抜粋)

natural Ca の測定について、全断面積の結果

を 図 20 に、中性子捕獲反応断面積の結果を、 図 21 に示す。今回得られた(n,γ)及び Transmission データは、ENDF/B-VII.1 評価と比較して、違いがあることを示している。違いの原因として、共鳴の同定の誤りであったと考えられる。

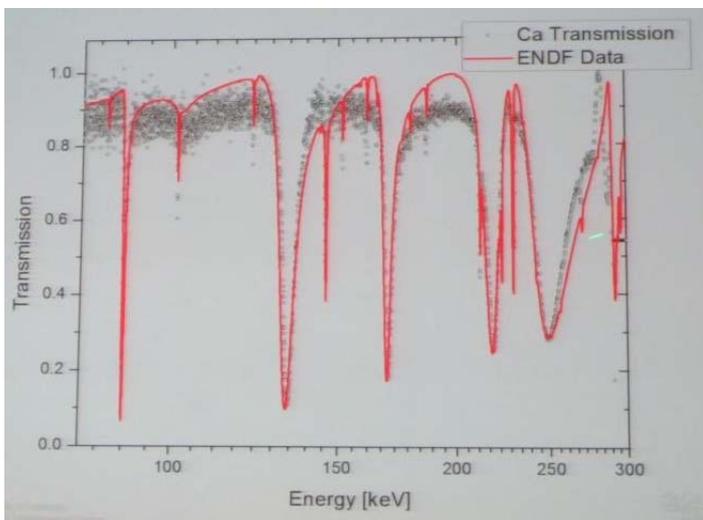


図 20 Natural Calcium Transmission Compared to ENDF/B-VII: Detailed View (K.H. Gauber 氏の発表より抜粋)

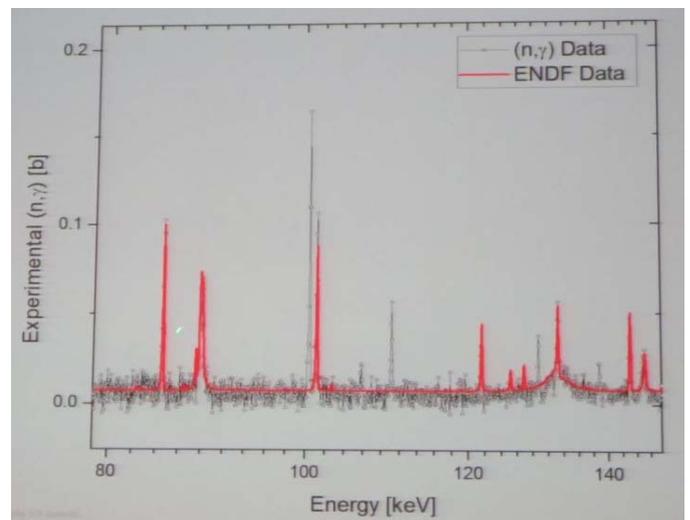


図 21 Natural Calcium (n,γ) compared to ENDF: Detailed View (K.H. Gauber 氏の発表より抜粋)

(n,γ)反応データに対して、今回得られたデータと比較して ENDF/B-VII には、著しい違いがあることが分かる。

● C. Guerrero 氏：“Investigation of Neutron-Induced Reactions at n\_TOF: Overview of the 2009-2012 Experimental Program”と題して、現在までの実験プログラムを概観した発表であった。n\_TOF は、2001 年より運転され、2008 年に Lead Spallation Target などの Upgrade を経て、(n,γ)、(n,f)、(n,α)反応などを調べてきており、現在までに、捕獲反応測定 40 件、核分裂測定 15 件を行い、現在 17 名の PhD 学生を有していることが報告された。次を担う世代を、ちゃんと育てていることが分かった。

また、新しい中性子ビームラインとして、20-m flight path を、2014 年に整備する予定とともに、実験が以下のように提案された。

#### ◎2014～2016 年間の実験提案@20-m Flight Path

- Cross sections and prompt γ-ray emission of fissile **Pu** isotopes
- The role of  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{244}\text{Cm}$  in the management of nuclear waste: simultaneous measurements of their capture and fission cross sections
- Measurements of (n, xn) reaction cross sections for heavy target nuclei
- Fission cross section of the  $^{230}\text{Th}(\text{n},\text{f})$  reaction
- First measurement of the capture (and fission) cross sections of the fissile  $^{245}\text{Cm}$
- Cross section and angular distribution of fragments from neutron-induced fission of  $^{232}\text{U}$
- Measurement of the  $^{25}\text{Mg}(\text{n},\alpha)^{22}\text{Ne}$  cross section
- Neutron capture measurement of the s-process branching point  $^{79}\text{Se}$
- Destruction of the cosmic g-ray emitter  $^{26}\text{Al}$  by neutron induced reactions
- Measurement of  $^7\text{Be}(\text{n},\text{p})^7\text{Li}$  and  $^7\text{Be}(\text{n},\alpha)^4\text{He}$  cross sections for the cosmological Li problem
- $^{79}\text{Se}$ ,  $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{171}\text{Tm}$  and  $^{204}\text{Tl}$  samples (s-process branching points) are being produced at ILL (Grenoble, France)

Guerrero 氏の発表に引き続き、n\_TOF 関連の実験報告が 5 件続き、2 時間弱に及ぶセッションが行われた。これにより前日の Chiaveri 氏等の一連のセッションと合わせて、n\_TOF collaboration は 2 セッションを使用して、彼等の精力的な Activities を我々に知らしめることとなった。n\_TOF 関連の測定 5 件は、以下の内容のものであった。

● K. Fraival 氏：“Analysis of  $^{241}\text{Am}(\text{n},\gamma)$  Cross Section with  $\text{C}_6\text{D}_6$  Detectors at the n\_TOF facility (CERN)”と題して発表を行った。

$^{241}\text{Am}$  酸化物試料、Am の重量 32.2 mg、放射能約 3 GBq、直径 12.26 mm を、直径 20 mm の Al 容器に封入していた。Bicron 製  $\text{C}_6\text{D}_6$  検出器を用い、効率の規格化には波高重み法を、最終的な断面積の規格化には、Au の 4.9-eV 共鳴を用いた。測定は、0.025 eV から

150 keV まで行い、SAMMY R-matrix code を用いて、300 eV までの共鳴解析を行っていた。(図 22 参照) また、熱中性子捕獲断面積として、 $752 \pm 76 \text{ b}$  を報告した。

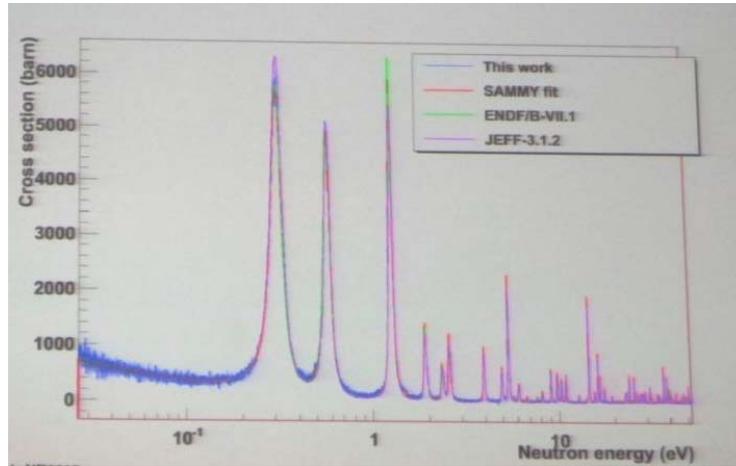


図 22  $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 断面積の結果。(K. Fraval 氏の発表より抜粋)

● S. Mosby 氏 : “Neutron Capture Cross Section of  $^{239}\text{Pu}$ ” と題して発表を行った。

試料として、Thin target (1mg  $^{239}\text{Pu}$ ) と Thick target (50 mg  $^{239}\text{Pu}$ ) を用いて実験を行っていた。Thin target の場合について、図 23 のように暫定結果を報告された。

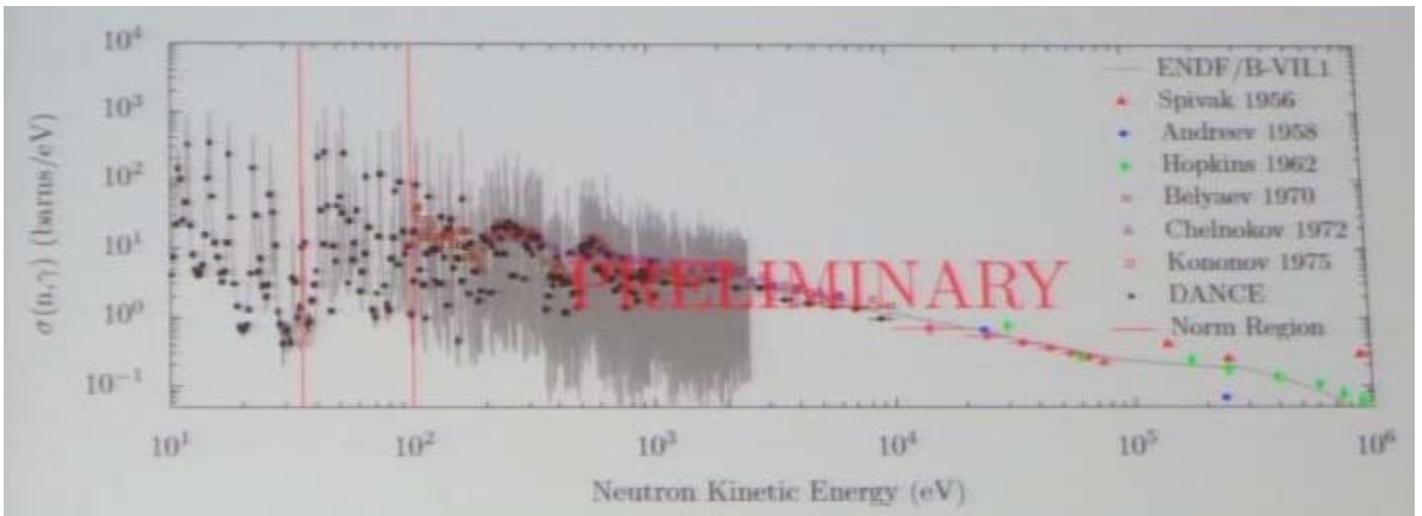


図 23 1mg Sample ( $^{239}\text{Pu}$ ) Preliminary Result. (S. Mosby 氏の発表より抜粋)

● T. Wright 氏 : “High-precision measurement of the  $^{238}\text{U}(n,\gamma)$  cross section with the Total Absorption Calorimeter (TAC) at n\_TOF, CERN” と題して、 $^{238}\text{U}$  の測定について発表があった (図 24 参照)。

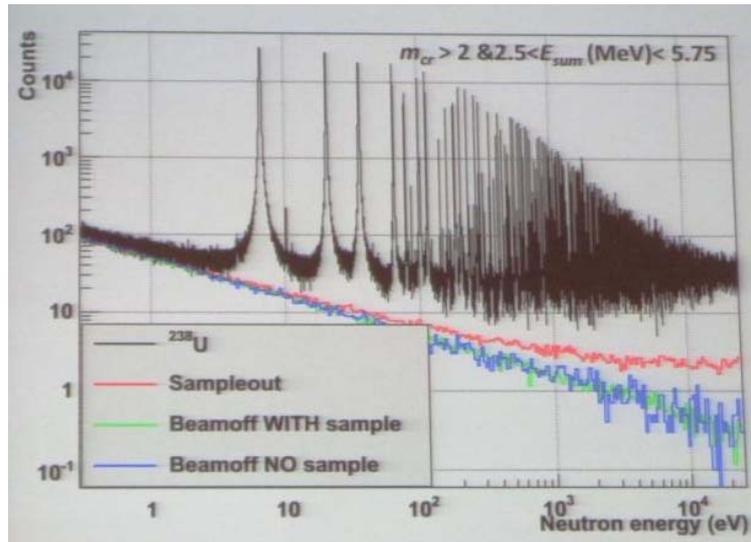


図 24  $^{238}\text{U}$  測定でのスペクトル：accumulated statistics  
(T. Wright 氏の発表より抜粋)

● M. Barbagallo 氏：“Results on the  $^{236}\text{U}$  Neutron Cross Section from the n\_TOF facility”と題して発表があった。 $^{236}\text{U}$  の断面積は、熱炉については十分な精度が得られているが、高速炉や Th/U 燃料サイクルの基づく加速器駆動システムに対しては、より精度が必要とのことで、(n, $\gamma$ )反応について 10%、(n,f)反応では 5%の精度が要求されている。

$^{236}\text{U}$  の fission cross section については、既に論文発表したとのことである。

(参考：R.Sarmiento *et al.*, Phys. Rev. C84, 044618 (2011).)

Capture cross section については、thermal~1 MeV まで  $\text{C}_6\text{D}_6$  検出器で測定し、現在、解析を行っている。

● C. Massimi 氏：“New Measurement of the  $^{25}\text{Mg}(n,\gamma)$  Reaction Cross Section”と題して発表された。s-process において、 $^{56}\text{Fe}$  の中性子捕獲反応と競合する Mg 同位体 ( $^{25}, ^{26}\text{Mg}$ ) の中性子捕獲反応が重要になることと、赤色巨星における重要な中性子源となる反応  $^{22}\text{Ne}(\alpha,n)^{25}\text{Mg}$  の反応率を精度よく知るために  $^{26}\text{Mg}$  状態の  $J^\pi$  の情報が必要とのこと。

そこで、 $^{25}\text{Mg}$  の enriched metal sample (97.86%, 3.94g)を用いて、測定を行い図 25 のように暫定結果を報告された。

本発表の謝辞によると、本研究における 2012 年の実験に際して、ORNL の Paul E. Koehler 氏が一部予算を出しており、Koehler 氏は現在、Department of Physics, University of Oslo, N-0316 Oslo, Norway に移られたそうである。

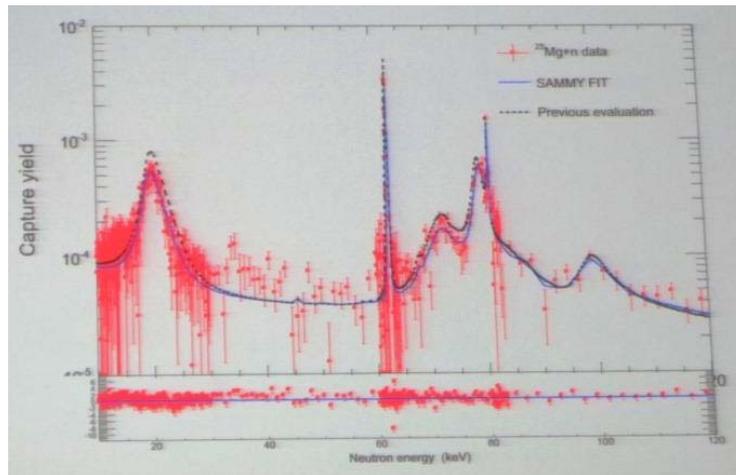


図 25  $^{25}\text{Mg}(n,\gamma)$ 反応断面積の暫定結果。

(C. Massimi 氏の発表より抜粋)

● A. Plompen 氏：“Minor Actinides, Major Challenges”と題して、核データ研究におけるチャレンジ項目を挙げて、それに対する国際協力の必要性について発表があった。

冒頭、実験に対する考えとして、R.P. Feynman の文章を挙げていたのが印象的であった。

“It doesn’t matter how beautiful your theory is, it doesn’t matter how smart you are. If it doesn’t agree with experiment, it’s wrong.”

発表では、以下のようにチャレンジ項目が挙げられた。

○Quantitatively：誤差の問題

- Fission cross sections (2% for MA)
- Fissile nuclides capture cross sections (5% or better)
- Scattering cross sections (2 – 5%) and angular distributions ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{56}\text{Fe}$ ,  $^{23}\text{Na}$ )

○（長期間に及ばない）幾つかの問題：

- Prompt fission gammas
- Neutron spectra and angular distributions
- Capture of the main fissile nuclides
- (In)elastic scattering of U-238

○これらのチャレンジに取り組むための技術開発：

- Emphasis on high quality, accurate experiments
- Experiments to improve nuclear models
- New detectors and data-acquisition
- New analysis methods
- New neutron sources

現在ある国際協力について、下記のもものが示された。

○**MANREAD : Minor actinide nuclear reaction data**

IAEA-NDS Coordinator: N. Ohtsuka

MA の実験を評価し、評価者からのフィードバックを受け、また新しい MA 実験の必要を提案し、そして WPEC SG-26 や HPRL、file プロジェクトと連携する。

○**ANDES : Accurate nuclear data for nuclear energy sustainability**

Coordinator : Enrique Gonzalez

Measurements, evaluation, validation

○**ERINDA : European research infrastructures for nuclear data applications**

Coordinator : Arnd Junghans

Transnational access to facilities

Objectives : waste transmutation and Gen-IV

○**EUFRAT : European facility for innovative reactor and transmutation neutron data**

Coordinator : Wim Mondelaers

Transnational access to GEKLINA & VdG

Objectives : waste transmutation and Gen-IV, nuclear safety, methods

○**CHANDA : Challenges in nuclear data for the safety of European nuclear facilities**

Coordinator : Enrique Gonzalez

Infrastructure coord. & development

施設について、IRMM GELINA, nELBE, HZDR, GANIL SPIRAL2, CERN n\_TOF EAR2 などを紹介した。TOF data の状況として GELINA、n\_TOF で得られた  $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$  反応断面積について述べられた。また、 $^{240,242}\text{Pu}(n,f)$  反応について、データの状況などが報告された。 $^{235}\text{U}$  の電着試料の作製、均一性のチェックなど、精度良いデータ測定のために試料準備の大切さが言及された。

測定のチャレンジとして、ANDES プロジェクトでは、 $^{238}\text{U}(n,\gamma)$ 、 $^{238}\text{U}(n,n'\gamma)$ 、 $^{245}\text{Cm}(n,f)$  反応を、MANREAD 実験では、 $^{241}\text{Am}(n,2n)$   $^{240}\text{Am}$  反応や  $^{244-248}\text{Cm}$ 、 $^{242}\text{Am}$  の LSDS データを挙げている。

以上